

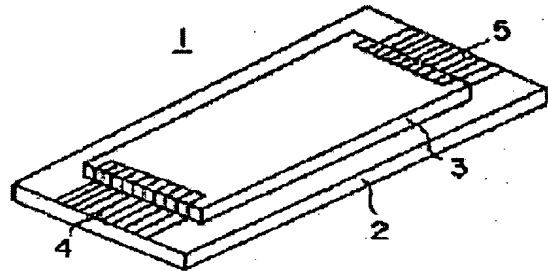
MAGNETIC IMPEDANCE ELEMENT AND MAGNETIC DETECTION CIRCUIT

Patent number: JP8075835
Publication date: 1996-03-22
Inventor: MORI KANEO; UCHIYAMA TAKESHI; MORITA YOSHIKI; SUMIKAMA MASAHIKO
Applicant: MITSUMI ELECTRIC CO LTD.; MORI KANEO
Classification:
- **International:** G01R33/09; G01R33/02; G11B5/31; H01L43/08
- **European:**
Application number: JP19940216212 19940909
Priority number(s):

Abstract of JP8075835

PURPOSE: To provide a magnetic impedance element capable of being fine- worked and having a high sensitivity and a magnetic detection circuit with a very small size by forming an amorphous magnetic thin film on a substrate made of a non-magnetic material.

CONSTITUTION: An amorphous sputtering magnetic thin film 3 made of a strip- like CoFeB material is formed on a strip-like glass substrate 2 which is a non- magnetic material. Electrodes 4, 5 for connecting to the outside are formed at both ends in the length direction of the magnetic thin film 3. A conductive material such as copper and aluminum is used in the electrodes 4, 5. Use of ceramic material in place of glass of the glass substrate 2 is allowable. The magnetic thin film 3 has magnetic anisotropy in the direction different from exciting current passing across the electrodes 4, 5, or in the direction at a right angle or slanting to the exciting current direction. By conducting magnetic field temperature annealing treatment to the magnetic thin film 3, magnetism-electricity transducing efficiency is enhanced. The magnetic thin film 3 is annealed in d.c. magnetic field at 250 deg.C for one hour.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-75835

(43) 公開日 平成8年(1996)3月22日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 33/09				
33/02	A	9307-2G		
G 1 1 B 5/31	F	8940-5D		
H 0 1 L 43/08	Z			
		9307-2G		
			G 0 1 R 33/ 06	R
			審査請求 未請求 請求項の数10	OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平6-216212

(22) 出願日 平成6年(1994)9月9日

(71) 出願人 000006220

ミツミ電機株式会社

東京都調布市国領町8丁目8番地2

(71) 出願人 000244383

毛利 佳年雄

愛知県名古屋市中白区天白町 大字島田黒石3911-3

(72) 発明者 毛利 佳年雄

愛知県名古屋市中白区天白町大字島田黒石3911-3

(74) 代理人 弁理士 伊東 忠彦

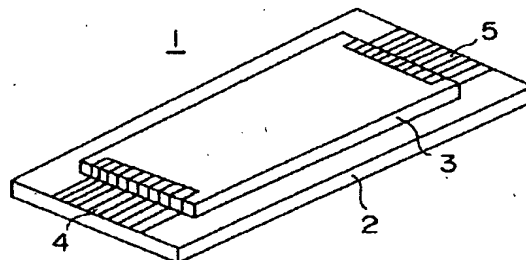
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気インピーダンス素子および磁気検出回路

(57) 【要約】

【目的】 本発明は磁気インピーダンス素子および磁気検出回路に関し、高磁気-電気変換効率を達成する。

【構成】 ガラス基板2と、ガラス基板2上に形成されたCoFeB材料からなるアモルファスバッチ磁性薄膜3と、アモルファスバッチ磁性薄膜3の長手方向両端に配設された電極4及び5とから構成される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性体からなる基板と、該基板上に形成された磁性薄膜と、該磁性薄膜の長手方向両端に配設された第1及び第2の電極とからなることを特徴とする磁気インピーダンス素子。

【請求項2】 前記磁性薄膜は、前記第1及び第2の電極間に通電される励磁電流と異なる方向に磁気異方性を有することを特徴とする請求項1記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項3】 前記磁性薄膜は、アモルファス磁性薄膜からなることを特徴とする請求項2記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項4】 非磁性体からなる基板と、該基板上に形成された磁性薄膜と、該磁性薄膜の長手方向両端に配設された第1及び第2の電極と、両端に磁極を有し、該磁性薄膜に該磁性薄膜長手方向の磁束を付与するように形成されてなる硬質磁性薄膜とからなることを特徴とする磁気インピーダンス素子。

【請求項5】 前記磁性薄膜は、前記第1及び第2の電極間に通電される励磁電流と異なる方向に磁気異方性を有することを特徴とする請求項4記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項6】 前記磁性薄膜は、アモルファス磁性薄膜からなることを特徴とする請求項5記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項7】 非磁性体からなる第1の基板と該第1の基板上に形成された第1の磁性薄膜と該第1の磁性薄膜の長手方向両端に配設された第1及び第2の電極とからなる第1の磁気インピーダンス素子と、

非磁性体からなる第2の基板と該第2の基板上に形成されており該第1の磁性薄膜と同一方向に配設された第2の磁性薄膜と該第2の磁性薄膜の長手方向両端に配設された第3及び第4の電極とからなる第2の磁気インピーダンス素子とを具備した磁気インピーダンス素子であって、

該第1及び第2の磁性薄膜と略直交するように該第1の磁気インピーダンス素子と該第2の磁気インピーダンス素子の間に介装されてなる導電性薄膜を具備したことを特徴とする磁気インピーダンス素子。

【請求項8】 前記第1及び第2の磁性薄膜は、前記導電性薄膜の周囲でスパイラル磁気異方性を有することを特徴とする請求項7記載の磁気インピーダンス素子。

【請求項9】 一の磁性薄膜を有する第1の磁気インピーダンス素子と、他の磁性薄膜を有する第2の磁気インピーダンス素子と、

該第1及び第2の磁気インピーダンス素子に高周波電流を通電する通電手段と、

該第1及び第2の磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じてそれぞれ変化する第1及び第2の信

2

号を生成する信号生成手段とを具備し、

該第1及び第2の信号に基づいて外部磁気を検出することを特徴とする磁気検出回路。

【請求項10】 前記第1及び第2の磁気インピーダンス素子は、印加される磁界の向きに応じて前記第1の磁気インピーダンス素子のインピーダンスが増大すると前記第2の磁気インピーダンス素子のインピーダンスが減少する構成とされており、

前記通電手段及び前記信号生成手段は無安定マルチバイブレータであり、

前記第1及び第2の磁気インピーダンス素子は該無安定マルチバイブレータのコレクタ負荷とされてなることを特徴とする請求項9記載の磁気検出回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は磁気インピーダンス素子および磁気検出回路に係り、特に微小磁気を検出するための磁気インピーダンス素子および磁気検出回路に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、微小磁気を検出するための磁気ヘッドが知られている。磁気ヘッドには、大別して磁気誘導形と磁気抵抗（マグネトレジスティブ；MR）形の2種類がある。

【0003】前者の磁気誘導形磁気ヘッドは、コイルが巻回されたコアに磁束を導き、コイルに鎖交する磁束 ϕ の時間的な変化に比例する誘導起電力 $e = -d\phi/dt$ をコイルの両端に発生するものである。誘導起電力の大きさは磁束 ϕ の時間的な変化に比例するため、磁気記録媒体と磁気誘導形磁気ヘッドが相対速度を持つことにより初めて誘導起電力が発生され、誘導起電力の大きさは相対速度及び磁気記録媒体に記録された信号周波数に比例して大きくなる。

【0004】このため、一定レベル以上の誘導起電力を発生させるためには、磁気記録媒体または磁気誘導形磁気ヘッドの少なくとも一方を所定の速度以上で走行させるか回転させてやる必要があった。

【0005】また、磁気誘導形磁気ヘッドは再生感度を上げるためにはコイルの巻回回数を増やしてコイルに鎖交する磁束 ϕ を増やす必要がある。ところが、コイルの巻回回数を増やすことによりインピーダンスが高くなるため、外乱ノイズの影響を受けやすくなると共にインピーダンスノイズが高くなりS/Nが低下する等の問題があった。

【0006】これに対して、後者の磁気抵抗形磁気ヘッドは外部磁界の変化に応じて抵抗値が変化するパーマロイNiFeからなるMR素子で構成され、MR素子の等価回路は図11に示す如く可変抵抗 R_{Mn} で表される。図12の動作原理図に示す如く、MR素子100に抵抗 R_{100} を介して電圧源 E_{100} を接続することでMR素子1

50

00の長手方向に一定の直流電流 I_{oc} を流しておき、MR素子100の幅方向に1600~3000[A/m]程度の一定のバイアス磁界 H_b をかける。

【0007】そして、外部磁界が印加されてこれらの合成磁界 H が変化すると、MR素子100の抵抗率 ρ は合成磁界 H に対して図13に示すように変化する。すなわち、MR素子100に印加される合成磁界 $H=0$ の時に抵抗率 ρ は最大値を示し、合成磁界 H の大きさに反比例して減少する。

【0008】MR素子100の長手方向に流れるセンス電流ベクトル J と磁化ベクトル M のなす角 θ と抵抗率 ρ の関係は、

$$\rho = \rho_0 + \Delta\rho \cdot \cos^2 \theta$$

となる。ここで、 $\Delta\rho$ は最大抵抗率変化量である。MR素子100の磁気-電気変換効率 $\Delta\rho/\rho$ は一般に2.5~3[%]と低い。そこで、例えばブリッジ回路にMR素子を組み込んでその抵抗値の変化を検出することで、外部磁界の大きさを知ることができる。

【0009】しかしながら、MR素子で構成される磁気抵抗形磁気ヘッドは磁気誘導形磁気ヘッドと異なり、一定レベル以上の出力を得るために一定以上の相対速度を必要とせず、低インピーダンスで広い周波数帯域を持つ利点があるため、高密度磁気ヘッド用途に使用されている。

【0010】このように、磁気誘導形磁気ヘッドでは出力レベルをかせぐためには磁気記録媒体とヘッドに一定以上の相対速度を持たせる必要があり、また、S/Nの問題があるため、高密度磁気ヘッド用途としては磁気抵抗形磁気ヘッドが使用されていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、磁気抵抗形磁気ヘッドに使用されるMR素子は磁気-電気変換効率が十分とは言えず低感度であり、ブリッジ回路等を必要とする問題があった。そこで、MR素子のパーマロイNiFeを、他の磁気-電気変換効率の高い材料に変えることが検討されているが、未だ実用化出来る材料は見つかっていない。

【0012】また近年、FeNiCoとCuとFeNiCo等を積層した多層膜による巨大磁気抵抗効果(グレートマグネトレジスティブ; GMR)が発見されているが、磁界検出感度は従来のMR素子の3~4倍程度の0.4[%]/[Oe]程度に留まっており、大幅な感度改善にはなっていない。また、この多層膜は磁界の増減に対する抵抗率 ρ の値のヒステリシスが出易い問題もある。

【0013】高密度磁気記録再生ヘッドへの要望は、ビデオテープレコーダ、ハードディスク装置、フロッピーディスク装置の高密度大容量化に対応すべく益々高性能化が求められており、記録ヘッドは巻線コイルを薄膜技術で形成した薄膜ヘッド、再生ヘッドはMR素子で構成

したMRヘッドのハイブリッドヘッドが注目されているが、再生磁束検出素子の大幅な感度向上が要求されている。

【0014】しかしながらMR素子を利用した従来の磁気抵抗形磁気ヘッドでは、前述したとおり再生時の大幅な感度向上は達成されていなかった。

【0015】そこで本願出願人の一人(毛利)は、先に特願平5-323816号により磁気インピーダンス素子を提案し再生時の大幅な感度向上を実現した。この磁気インピーダンス素子は、ほぼ零磁歪の直径30[μm]のアモルファスワイヤ(線引後張力アニールしたワイヤ)からなり、長さ1[mm]程度の微小寸法のもので1[MHz]程度の高周波電流を通電するとワイヤ両端間の電圧の振幅がMR素子の100倍以上である約10[%]/[Oe]の高感度で変化するものである。

【0016】しかしながらこの高感度磁気インピーダンス素子は直径30[μm]のアモルファスワイヤからなるため微細加工には適しておらず、超小型の磁気検出回路を構成することは困難であった。

【0017】そこで本発明は上記の点に鑑みてなされたものであって、高感度で微細加工が可能な磁気インピーダンス素子および超小型の磁気検出回路を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記の問題を解決するために、本発明では次の通り構成した。

【0019】すなわち、請求項1記載の発明では、非磁性体からなる基板と、基板上に形成された磁性薄膜と、磁性薄膜の長手方向両端に配設された第1及び第2の電極とから構成した。

【0020】また、請求項9記載の発明では、一の磁性薄膜を有する第1の磁気インピーダンス素子と、他の磁性薄膜を有する第2の磁気インピーダンス素子と、第1及び第2の磁気インピーダンス素子に高周波電流を通電する通電手段と、第1及び第2の磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じてそれぞれ変化する第1及び第2の信号を生成する信号生成手段とから構成した。

【0021】

【作用】上記構成の請求項1記載の発明によれば、磁性薄膜は高磁気-電気変換効率とされるため、高密度再生磁気ヘッド用途に最適利用できるように作用する。

【0022】また上記構成の請求項9記載の発明によれば、磁性薄膜を有する磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じて変化する第1及び第2の信号に基づいて外部磁気を検出するように作用する。

【0023】

【実施例】次に、図面を参照して本発明の実施例について説明する。図1は本発明の第1実施例を示す図である。

【0024】図1に示す磁気インピーダンス素子1は、非磁性体である短冊状のガラス基板2と、ガラス基板2上にガラス基板2よりも一回り小さい短冊状に形成されたCoFeB材料からなるアモルファススパッタ磁性薄膜3と、アモルファススパッタ磁性薄膜3の長手方向両端に配設された外部接続用の電極4及び5とからなる。電極4及び5には、銅、アルミニウム等の導電性材料を用いる。なお、ガラス基板2に代えて非磁性体であるセラミック基板を使用してもよい。

【0025】アモルファススパッタ磁性薄膜3は、通常の高周波二極スパッタ装置を用いて（真空度は 10^{-7} [torr]）ガラス基板2上に膜厚4 [μm]に形成されている。なお、膜厚1 [μm]前後のアモルファススパッタ磁性薄膜を多層膜化して膜厚4 [μm]にしてもよい。更に、塩化第二鉄を用いて、長さ10 [cm]、幅0.3 [mm]の細長い短冊状形状にエッチングされている。

【0026】アモルファススパッタ磁性薄膜3は、電極4と電極5の間に通電される励磁電流と異なる方向、すなわち、励磁電流に対し直角方向または斜め方向に磁気異方性を有している。

【0027】またアモルファススパッタ磁性薄膜3は、薄膜形状とすることにより従来のMR素子よりも磁気-電気変換効率の向上が図られているが、これを更に磁場温度アニール処理することでよりいっそうの磁気-電気変換効率の向上が図られている。

【0028】すなわち、アモルファススパッタ磁性薄膜3は、70 [Oe]の直流磁場中で、250 [°C]の温度により1時間アニール処理されており、アニール処理の前後で磁気-電気変換効率が大幅に向上している。磁気-電気変換特性の詳細については後述する。

【0029】図2は磁気インピーダンス素子1の使用回路を示す回路図である。図2において、磁気インピーダンス素子1の両端の電極4と電極5には、抵抗Rと高周波信号源 e_{ac} からなる直列回路が接続されている。高周波信号源 e_{ac} は周波数fを可変出来るようになっており、抵抗Rを介して磁気インピーダンス素子1に一定レベルの高周波励磁電流 i_{ac} が通電される。

【0030】アモルファススパッタ磁性薄膜3を用いた磁気インピーダンス素子1は磁気-電気変換効率が大幅に向上しているため、従来のMR素子のようにブリッジ回路等を用いて感度を補償する必要がなく最も簡単な回路構成となる。また、磁気インピーダンス素子1にはアモルファススパッタ磁性薄膜3の長手方向の外部磁界 H_{ex} が印加される。なお、外部磁界 H_{ex} の印加方法については後述する。

【0031】図3は磁気インピーダンス素子1の等価回路を示す回路図である。磁気インピーダンス素子1は、固定インピーダンスZ。と可変インピーダンス ΔZ の直列回路で表され、アモルファススパッタ磁性薄膜3が上

記した寸法の場合Z。=9.6 [Ω]である。可変インピーダンス ΔZ は、電極4と電極5の間に通電される励磁電流 i_{ac} の周波数fに応じて変化すると共に外部磁界 H_{ex} に応じて変化する。

【0032】図4は、アニール処理されたアモルファススパッタ磁性薄膜3を用いた磁気インピーダンス素子1の実験結果を示す図であり、図2の回路において励磁電流 $i_{ac}=30$ [mA_{rms}]とした場合である。図4において、横軸は交流励磁電流 i_{ac} の周波数f [MHz]、縦軸は電極4と電極5間の電圧、すなわちアモルファススパッタ磁性薄膜3に生ずる電圧降下E [V_{rms}]を表す。図中実線Iは外部磁界 $H_{ex}=0$ の場合、破線IIは外部磁界 $H_{ex}=1000$ [A/m]の場合を表す。

【0033】外部磁界 $H_{ex}=0$ の場合は、アモルファススパッタ磁性薄膜3のインピーダンスは周波数fが20 [MHz]まで一定であり電圧降下Eも一定である。そして、f=20 [MHz]以上で表皮効果によると考えられる電圧降下Eの上昇（つまりインピーダンスの上昇）が観測される。そして、f=80 [MHz]以上で電圧降下Eの増加率が顕著となっている。

【0034】磁場印加により電圧降下Eの上昇は更に顕著に表れ（破線II）、f=10 [MHz]から電圧降下Eは上昇する。この現象は、磁界強度 $H_{ex}=0$ [A/m]の時はアモルファススパッタ磁性薄膜3の磁壁がほとんど移動できずインピーダンスが小さいが、磁界強度 H_{ex} が増大するとアモルファススパッタ磁性薄膜3の磁化ベクトルが回転し、幅方向の透磁率が増加してインピーダンスが上昇することによって考えられる。

【0035】なお、磁場印加による電圧降下Eの上昇（つまりインピーダンスの上昇）は $H_{ex}=1000$ [A/m]の場合が最も顕著であり、これ以上の磁場を印加すると電圧降下Eの上昇率は逆に低下する。印加する磁場の方向はアモルファススパッタ磁性薄膜の幅方向のどちら向きであっても、同じ様にインピーダンス（電圧降下E）は対称的に変化する。

【0036】したがって、アモルファススパッタ磁性薄膜3のインピーダンス変化率-外部磁界の関係を示すグラフは図5に示すようになる。図5において、横軸は外部磁界 H_{ex} [Oe]（1 [Oe]= $10^3/4\pi$ [A/m]）、縦軸はインピーダンス変化率、すなわち、外部磁界 $H_{ex}=0$ の時のインピーダンスZ。に対する横軸に示された外部磁界 H_{ex} を付与した時のインピーダンスの変化 ΔZ の割合 $\Delta Z/Z$ [%]を表す。なお、f=80 [MHz]、 $i_{ac}=30$ [mA_{rms}]である。

【0037】また、図中破線IIIはアモルファススパッタ磁性薄膜にアニール処理を施す前、実線IVは前記した条件でアニール処理を施した場合の特性を表す。アニール処理を施す前のアモルファススパッタ磁性薄膜は、外部磁界 $H_{ex}\approx 8$ [Oe]付近で $\Delta Z/Z$ が最大約11 [%]となっており、従来のMR素子（2.5~3

(%))と比べて磁気-電気変換効率が約4倍に改善されている。

【0038】一方、アニール処理を施したアモルファススパッタ磁性薄膜3の場合は、外部磁界 $H_{ex} \approx 12.5$ [Oe] (=1000 [A/m]) 付近で $\Delta Z/Z$ が最大約44 (%)となり、アニール処理を施さない場合に比べて磁気-電気変換効率が4倍と飛躍的に改善されている。すなわち、従来のMR素子と比べると約16倍に改善されている。また、感度は最も急峻な場所である $H_{ex} = 6$ [Oe] (=480 [A/m]) 付近では約10 (%) / [Oe] と高い。

【0039】図4及び図5から、このアニール処理したアモルファススパッタ磁性薄膜3は、微小磁気を検出する場合80 [MHz]、30 [mA_{rms}] の高周波励磁電流で励磁し、480 [A/m] 前後の外部磁界 H_{ex} を付与してやると最大感度の磁気-電気変換効率が得られることが分かる。

【0040】従来の一般的な磁気-電気変換素子であるMR素子が1600~3000 [A/m] の外部磁界を必要としたのに比べて、本実施例の磁気インピーダンス素子では約1/3~1/6の外部磁界で良いため、弱い固定磁石、またはより少ない直流電流による周回磁界で最適な外部磁界を付与することが出来る。したがって、ハードディスク装置、フロッピーディスク装置、ビデオテープレコーダ等の高密度再生磁気ヘッド用途に利用することが出来る。

【0041】ここで外部磁界を付与する構成について説明する。図6は、本発明の第1実施例の一変形例を示す図である。

【0042】図6に示す磁気インピーダンス素子6は、非磁性体である短冊状のガラス基板7と、ガラス基板7上にガラス基板7よりも一回り小さい短冊状に形成されたCoFeB材料からなるアモルファススパッタ磁性薄膜8と、アモルファススパッタ磁性薄膜8の長手方向両端に配設された外部接続用の電極9及び10と、硬質磁性薄膜11からなる。電極9及び10には、銅、アルミニウム等の導電性材料を用いる。

【0043】硬質磁性薄膜11は、アモルファススパッタ磁性薄膜8よりも短い短冊状の長手方向の両端に磁極S、Nを有する常磁性体の固定磁石であり、アモルファススパッタ磁性薄膜8にアモルファススパッタ磁性薄膜8長手方向の磁束を付与するように形成されてアモルファススパッタ磁性薄膜8上に固着されてなる。

【0044】これにより、アモルファススパッタ磁性薄膜8の長手方向に480 [A/m] 前後の外部磁界を付与することが出来る。なお、硬質磁性薄膜11をガラス基板7の底面に配設することで、アモルファススパッタ磁性薄膜8にアモルファススパッタ磁性薄膜8長手方向の磁束を付与することも考えられる。

【0045】次に、図7は本発明の第1実施例の他の変

形例を示す図である。図6に示す磁気インピーダンス素子12は、大略して、第1の磁気インピーダンス素子13と第2の磁気インピーダンス素子14と導電性薄膜15とから構成される。第1の磁気インピーダンス素子13及び第2の磁気インピーダンス素子14はそれぞれ図1の磁気インピーダンス素子1と同一構成であるので詳細な説明は省略するが、それぞれアモルファススパッタ磁性薄膜13b、14bを有する構成とされている。

【0046】第1の磁気インピーダンス素子13と第2の磁気インピーダンス素子14は、それぞれの基板13aと基板14aを対向させて同一方向に配設されている。そして、それぞれのアモルファススパッタ磁性薄膜13b及びアモルファススパッタ磁性薄膜14bと略直交するように、第1の磁気インピーダンス素子13と第2の磁気インピーダンス素子14の間に導電性薄膜15が介装されている。このとき、導電性薄膜15の上面及び下面は基板13a及び基板14aに固着されている。

【0047】この導電性薄膜15は、銅、アルミニウム等の導電性材料からなるテープ状の形状とされており、その長手方向に直流電流 I_{dc} が通電されるようになっている。したがって、直流電流 I_{dc} によって導電性薄膜15の周囲にアンペアの右ねじの法則に基づいた周回磁界が発生することで、アモルファススパッタ磁性薄膜13b及びアモルファススパッタ磁性薄膜14bの長手方向に外部磁界を付与することが出来る。なお、アモルファススパッタ磁性薄膜13b及びアモルファススパッタ磁性薄膜14bは、導電性薄膜15の周囲でスパイラル磁気異方性を有する。

【0048】この場合、直流電流 I_{dc} を調節出来るように構成しておけば、外部磁界の大きさを自在に可変することが出来、容易に最適磁界強度とすることが出来る。なお、アモルファススパッタ磁性薄膜13b及びアモルファススパッタ磁性薄膜14bに付与される外部磁界は互いに逆方向となる。

【0049】ところで、アモルファススパッタ磁性薄膜はエッチング技術により簡単に微細加工を行えるため、種々のマイクロセルを構成出来る利点があり、また、センサモジュールを1チップ集積化することも可能となる。

【0050】図8は本発明の第2実施例を示す図である。図8に示す磁気検出回路20は、大略して、高磁気-電気変換効率を有するアモルファススパッタ磁性薄膜を有する磁気インピーダンス素子 M_1 、及び M_1 と、無安定マルチバイブレータ21と、差動増幅回路22とから構成される。

【0051】磁気インピーダンス素子 M_1 と磁気インピーダンス素子 M_1 は、端子23と端子24の間に直列に接続されている。また、磁気インピーダンス素子 M_1 と磁気インピーダンス素子 M_1 の共通接続端子25は電源電圧 V_{cc} に接続されている。

【0052】磁気インピーダンス素子 $M I_1$ は固定インピーダンス Z_1 と可変インピーダンス ΔZ_1 を直列に接続された等価回路で表され、磁気インピーダンス素子 $M I_2$ は固定インピーダンス Z_2 と可変インピーダンス ΔZ_2 を直列に接続された等価回路で表される。

【0053】磁気インピーダンス素子 $M I_1$ と磁気インピーダンス素子 $M I_2$ の直列回路は、例えばガラス基板上で図9に示す形状にエッチング形成されている。すなわち、磁気インピーダンス素子 $M I_1$ は図示の如くY方向に平行して繰返し折り返す形状、磁気インピーダンス素子 $M I_2$ は図示の如くX方向に平行して繰返し折り返す形状とされている。そして、両磁気インピーダンス素子はその磁気-電気変換特性を同一に揃えられており、 $Z_1 = Z_2$ であり、 ΔZ_1 の可変範囲と ΔZ_2 の可変範囲は等しくなっている。

【0054】したがって、両磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ に印加される磁界Hの方向がX方向($\theta = 0, 180(^{\circ})$)の場合は、 ΔZ_1 は最小値($\Delta Z_1 = 0$)、 ΔZ_2 は最大値となる。 θ が増大すると共に ΔZ_1 が増大する一方で ΔZ_2 は減少し、 $\theta = 45(^{\circ})$ のときに $\Delta Z_1 = \Delta Z_2$ となる。更に θ が増大して磁界Hの方向がY方向($\theta = 90, 270(^{\circ})$)の場合は、 ΔZ_1 は最大値、 ΔZ_2 は最小値($\Delta Z_2 = 0$)となる。なお、図9において、23及び24は端子、25は共通接続端子を示す。

【0055】図8に戻って説明するに、端子23と端子24に接続されている無安定マルチバイブレータ21は、トランジスタ Q_1 及び Q_2 と、抵抗 $R_1 \sim R_4$ と、可変抵抗VRと、コンデンサC₁、 $\sim C_4$ とから構成される。

【0056】トランジスタ Q_1 のコレクタ負荷には抵抗 R_1 と磁気インピーダンス素子 $M I_1$ の直列回路が、トランジスタ Q_2 のコレクタ負荷には抵抗 R_2 と磁気インピーダンス素子 $M I_2$ の直列回路がそれぞれ接続されており、両磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ には後述の如く数十〔MHz〕の発振電流が供給され励磁される。

【0057】コンデンサ C_1 はトランジスタ Q_1 をオンさせるチャージコンデンサであり、コンデンサ C_2 はトランジスタ Q_2 をオンさせるチャージコンデンサである。抵抗 R_3 はトランジスタ Q_1 のベース電流制限用であり、抵抗 R_4 はトランジスタ Q_2 のベース電流制限用である。抵抗 R_1 及び R_2 はベース接地抵抗である。

【0058】抵抗 R_1 はトランジスタ Q_1 のエミッタ抵抗であり、抵抗 R_2 はトランジスタ Q_2 のエミッタ抵抗である。可変抵抗VRの可変端子は接地されており、可変抵抗VRの可変端子より一方は抵抗 R_3 の一端と接続されてトランジスタ Q_1 のエミッタ抵抗となり、他方は抵抗 R_4 の一端と接続されてトランジスタ Q_2 のエミッタ抵抗となる。

【0059】可変抵抗VRは、磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ に磁界が印加されない状態で、磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ 、トランジスタ Q_1 及び Q_2 、並びに各抵抗の微妙な特性差によって生じる無安定マルチバイブレータ21の発振電圧の振幅差(トランジスタ Q_1 のエミッタ発振電圧 V_1 とトランジスタ Q_2 のエミッタ発振電圧 V_2 との差)を補正するためのものである。

【0060】無安定マルチバイブレータ21の自励発振周波数は、磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ のインピーダンスと、抵抗 R_1 及び R_2 、及び R_3 及び R_4 の値と、コンデンサ C_1 及び C_2 の値と、トランジスタ Q_1 のコレクタ・エミッタ間容量と、トランジスタ Q_2 のコレクタ・エミッタ間容量とにより決まる。この自励発振周波数は、本実施例では磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ の磁気-電気変換効率が最大となる数十〔MHz〕に設定される。

【0061】ところで、可変抵抗VRの可変端子より一方と抵抗 R_3 との直列抵抗とコンデンサ C_1 の並列回路でローパスフィルタが構成されている。また、可変抵抗VRの可変端子より他方と抵抗 R_4 との直列抵抗とコンデンサ C_2 の並列回路でローパスフィルタが構成されている。これにより、トランジスタ Q_1 のエミッタ発振電圧 V_1 とトランジスタ Q_2 のエミッタ発振電圧 V_2 はそれぞれ高域成分を減衰されて、互いに $180(^{\circ})$ 位相が異なる正弦波とされる。

【0062】差動増幅回路22は、抵抗 R_1 及び R_2 、及び R_3 及び R_4 と、差動増幅器26及び27とで構成されている。差動増幅器26の非反転入力端子にはトランジスタ Q_1 のエミッタ発振電圧 V_1 が、差動増幅器27の非反転入力端子にはトランジスタ Q_2 のエミッタ発振電圧 V_2 が入力されている。これにより、差動増幅回路22は抵抗 $R_1 \sim R_4$ の値で決定される所定の増幅利得で各エミッタ発振電圧 V_1 及び V_2 の差成分のみを安定良く増幅した出力電圧Eを、出力端子28に出力する。

【0063】前述した如く、磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ に印加される磁界の向きに応じて磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ の可変インピーダンス ΔZ_1 及び ΔZ_2 が変化し、この ΔZ_1 及び ΔZ_2 の変化に応じて各エミッタ発振電圧 V_1 及び V_2 が変化する。したがって、出力電圧Eは、磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ に印加される磁界の向きに応じて大きさと極性が変化する磁界検出信号となる。

【0064】本実施例によれば、磁界の向きの変化に応じて ΔZ_1 及び ΔZ_2 のうち一方は減少し他方は増大するように磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ のパターンが形成されている。よって、磁気インピーダンス素子 $M I_1$ 及び $M I_2$ 、本来の高磁気-電気変換効率と相まって検出感度を向上させることができる。更に、磁気

インピーダンス素子は微細加工が可能であり回路を小型に構成することができる。

【0065】図10は本発明の第3実施例を示す図である。図10に示す高速度再生磁気記録セル30は、高磁気-電気変換効率を有するアモルファススパッタ磁性薄膜からなる磁気インピーダンス素子31を有し、超高速読出しが可能な磁気フラッシュメモリとして機能する。

【0066】図10において、ガラス基板32上には磁気インピーダンス素子31がスパッタ薄膜形成されている。磁気インピーダンス素子31の一端には常磁性体32が、磁気インピーダンス素子31の他端には磁性体33が固着されている。常磁性体32及び磁性体33は、磁気インピーダンス素子31と同様にいずれもスパッタ薄膜形成されている。したがって、それぞれの幅方向寸法を0.1(μm)程度まで微細加工することが可能である。

【0067】また、磁気インピーダンス素子31及び常磁性体32及び磁性体33は導電性を有しており、常磁性体32及び磁性体33の各一端には例えば銅、またはアルミニウム等の電極34及び35が配設されている。そして、外部回路から電極34と電極35の間に記録用の電流が通電される。

【0068】常磁性体32は、磁気インピーダンス素子31側及び電極34側に図示の如く磁極を持ち、磁気インピーダンス素子31を磁気バイアスする。なお、磁極の向きは図示の向きと逆でもよい。

【0069】磁性体33は磁気記録材料に使用されるような磁性体(例えば、CoNi、CoNi_xFe_{1-x}O₂、CoNiPなど)であって、その磁気インピーダンス素子31側が、記録用の正または負のパルス電流によって記録用の電流の向きに応じた極性に磁化され保持される。

【0070】上記の構成とされた高速度再生磁気記録セル30によれば、磁性体33が常磁性体32と逆向きの磁化ベクトルを持つ向きに記録磁化されると、磁気インピーダンス素子31の磁界はキャンセルされて、その両端の電圧は最小となる。一方、磁性体33が常磁性体32と同一方向の磁化ベクトルを持つ向きに記録磁化されると、その両端の電圧は最大となる。したがって、磁気インピーダンス素子31に記録信号を記憶しておけるとなる。

【0071】そこで、上記の構成とされた高速度再生磁気記録セル30を多数個並べた集積構造にすると、デコーダで電子的に再生する磁気フラッシュメモリを製造することができ、超高速読出しが可能となる。

【0072】

【発明の効果】上述の如く請求項1記載の発明によれば、

ば、磁性薄膜は高磁気-電気変換効率とされるため、高密度再生磁気ヘッド用途に利用することが出来、従来に比べて高感度で微細加工が可能となる特長がある。

【0073】また請求項9記載の発明によれば、磁性薄膜を有する磁気インピーダンス素子に印加される磁界の向きに応じて変化する第1及び第2の信号に基づいて外部磁気を検出するため、従来に比べて検出感度を向上させることができるとともに、磁気インピーダンス素子は微細加工が可能であり回路を小型に構成することができる特長がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す図である。

【図2】磁気インピーダンス素子1の使用回路を示す回路図である。

【図3】磁気インピーダンス素子1の等価回路を示す回路図である。

【図4】アモルファススパッタ磁性薄膜3を用いた磁気インピーダンス素子1の実験結果を示す図である。

【図5】アモルファススパッタ磁性薄膜3のインピーダンス変化率-外部磁界の関係を示す図である。

【図6】本発明の第1実施例の一変形例を示す図である。

【図7】本発明の第1実施例の他の変形例を示す図である。

【図8】本発明の第2実施例を示す図である。

【図9】磁気インピーダンス素子MI₁と磁気インピーダンス素子MI₂の形状を示す図である。

【図10】本発明の第3実施例を示す図である。

【図11】MR素子の等価回路を示す回路図である。

【図12】MR素子の動作原理図である。

【図13】MR素子100の抵抗率ρの合成磁界Hに対する変化を示す図である。

【符号の説明】

1, 31, MI₁, MI₂ 磁気インピーダンス素子

2 ガラス基板

3 アモルファススパッタ磁性薄膜

4, 5, 9, 10, 34, 35 電極

20 磁気検出回路

21 無安定マルチバイブレータ

22 差動増幅回路

30 高速度再生磁気記録セル

32 常磁性体

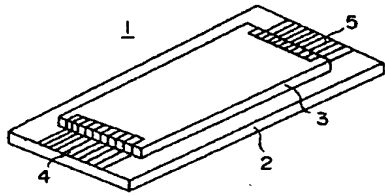
33 磁性体

100 MR素子

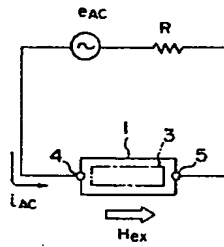
Z₀, Z₁, Z₂ 固定インピーダンス

ΔZ₀, ΔZ₁, ΔZ₂ 可変インピーダンス

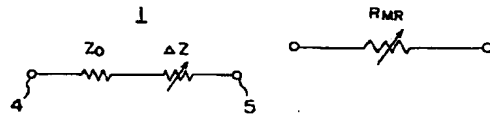
【図1】



【図2】

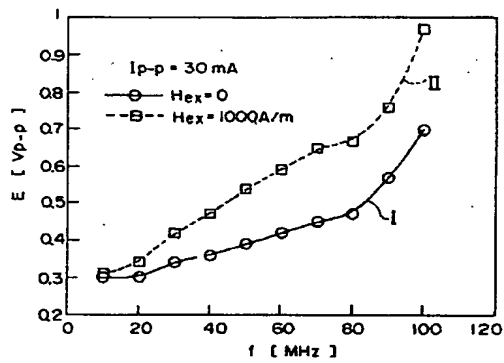


【図3】

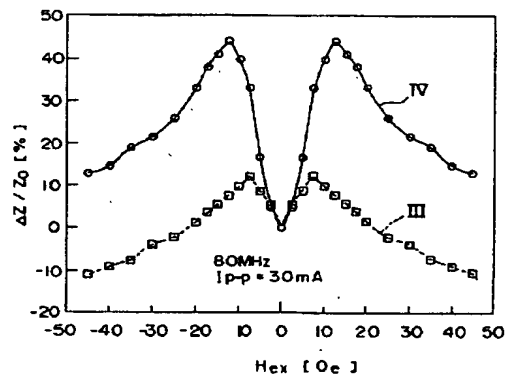


【図11】

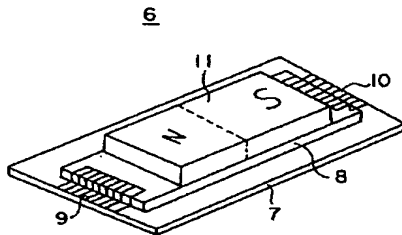
【図4】



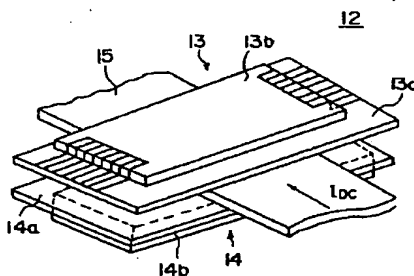
【図5】



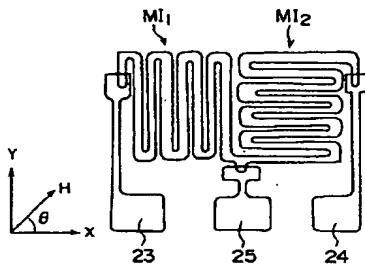
【図6】



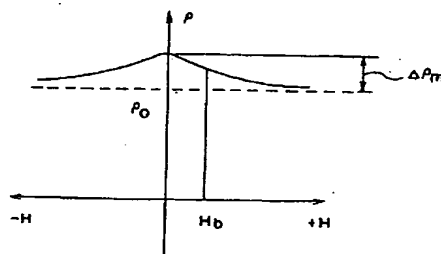
【図7】



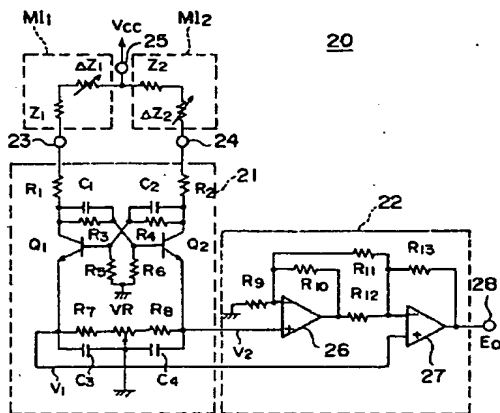
【図9】



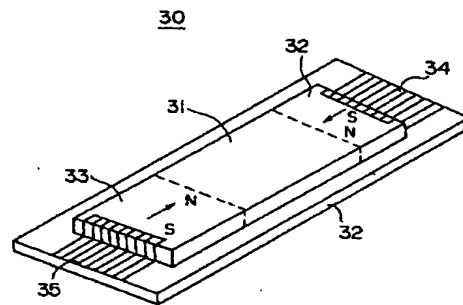
【図13】



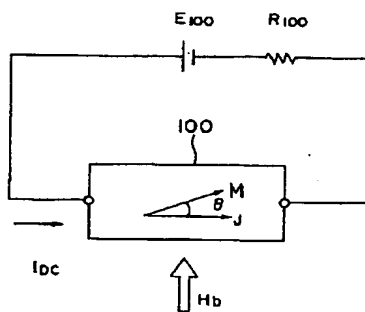
【図8】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 内山 剛
愛知県豊田市金谷町4-25-5 ビレッジ
挙母107号

(72)発明者 森田 芳昭
神奈川県厚木市酒井1601 ミツミ電機株式
会社厚木事業所内
(72)発明者 炭電 正彦
神奈川県厚木市酒井1601 ミツミ電機株式
会社厚木事業所内